

# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR  
*(organizador)*



EDITORA  
ARTEMIS

2022

# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR  
*(organizador)*



EDITORA  
ARTEMIS

2022



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisângela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Ariston da Silva Melo Júnior
<b>Imagem da Capa</b>	Ziglinda/123RF
<b>Bibliotecária</b>	Janaina Ramos – CRB-8/9166

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil



Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México  
Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru  
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, Universidad Nacional Autónoma de México, México  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solo e recursos hídricos: conservação, recuperação e manejo / Organizador Ariston da Silva Melo Júnior. – Curitiba-PR: Artemis, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87396-67-5

DOI 10.37572/EdArt\_290822675

1. Solos. 2. Recursos hídricos. 3. Sustentabilidade. I. Melo Júnior, Ariston da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 631.45

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166



## APRESENTAÇÃO

O título **Solo e Recursos Hídricos – Conservação, Recuperação e Manejo** traz para o mundo atual uma das maiores preocupações com a preservação do nosso planeta e dos biomas que compõem toda a estrutura da Terra. O estudo constante de novas tecnologias, metodologias e gerenciamento deve promover um crescimento sustentável e garantir o futuro das próximas gerações.

A importância desse tema nesse século XXI é tamanha que a própria Organização das Nações Unidas (ONU) apresenta em sua agenda de 2030 o tema sustentabilidade e manutenção do meio ambiente como meta de desafio a ser alcançado de forma a que os recursos hídricos e a conservação do solo sejam foco primordial de interesse e responsabilidade política e social das nações. Tal proposta da ONU já vem sendo empregada por governos em projetos como, por exemplo, cobrança d'água do setor agrícola para minimizar a poluição de rios e lagos e impedir a contaminação de solos. Sendo esse controle realizado pelos denominados Comitês de Bacias Hidrográficas, o que mostra a relevância e atualidade do presente livro.

Este livro não se propõe a trazer soluções finais e vindouras, o que seria pretencioso; mas apresentar a preocupação e zelo que os autores tiveram em compartilhar seus conhecimentos. Assim, o livro apresenta o que de melhor está sendo realizado no mundo acadêmico e científico, de modo a trazer propostas, ensaios científicos e reflexões que permeiem as mentes de todos e todas de modo a podermos trazer uma nova proposta de melhoria a manutenção da qualidade e fertilidade de nossos solos e de técnicas para o uso racional das reservas hídricas do mundo, com os novos conceitos que vem sendo estudados pelas universidades e centros de pesquisas em relação ao bioma terrestre e aquático. Exemplos como a chamada pegada hídrica e claro apresentar uma nova proposta pedagógica em que as novas gerações tenham em mente a responsabilidade em um contínuo respeito a nosso lar – planeta Terra.

Nesse sentimento que a organização dessa obra propõe uma leitura crítica e atenta às pesquisas que os autores e autoras trazem nessa obra de modo a permitirem a generosidade em compartilhar seus conhecimentos e pensamentos para a formação contínua do leitor e leitora.

Uma boa leitura a você leitor/leitora e que as próximas páginas possam levar a uma reflexão da importância sustentável que esse livro tem como meta e sonho: um mundo novo, melhor e mais harmônico para toda humanidade!

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA. CONTRIBUTOS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Carla Maria Rolo Antunes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226751](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226751)

### **CAPÍTULO 2..... 14**

USO EFICIENTE DA ÁGUA EM LISBOA - CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA

Manuela Moreira da Silva

Leandro Muller

Susana Neto

Carla Pimentel Rodrigues

Armando Silva Afonso

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226752](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226752)

### **CAPÍTULO 3..... 21**

DESEMPENHO EM FILTRO LENTO QUANTO A MELHORIA NO PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ESGOTO DOMÉSTICO

Ariston da Silva Melo Júnior

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226753](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226753)

### **CAPÍTULO 4..... 36**

ATIVOS ECOLÓGICOS E BALANÇO DE CARBONO DE UM ESPAÇO VERDE URBANO – CONTRIBUTOS PARA UMA *WATER SENSITIVE CITY*

Manuela Moreira da Silva

Sandra Caetano

Daniel Pimenta

Lídia Terra

Horácio Carvalho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226754](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226754)

<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>50</b>
MONITORAMENTO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) EM LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	
Ariston da Silva Melo Júnior Kleber Aristides Ribeiro Abrão Chiaranda Merij	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755</a>	
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>65</b>
FLOW VELOCITY STRUCTURE AND TURBULENCE CHARACTERISTICS IN A PARTIALLY VEGETATED CHANNEL WITH RIGID EMERGENT VEGETATION	
Cristina Maria Sena Fael César Augusto Vaz Santos Cátia Sofia Batista Taborda	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756</a>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>78</b>
HACIA EL BUEN ESTADO QUÍMICO DE NUESTRAS AGUAS CONTINENTALES: ¿SÓLO LAS EDAR SON RESPONSABLES DEL MISMO?	
Rafael Marín Galvín	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757</a>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>91</b>
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDO	
Ariston da Silva Melo Júnior Kleber Aristides Ribeiro Leonardo Gerardini	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>109</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>110</b>



# CAPÍTULO 3

## DESEMPENHO EM FILTRO LENTO QUANTO A MELHORIA NO PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ESGOTO DOMÉSTICO

Data de submissão: 05/07/2022

Data de aceite: 18/08/2022

**Ariston da Silva Melo Júnior**

<http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

**RESUMO:** Com o aumento do processo industrial e da urbanização, cada vez mais se tem utilizado água para os processos industriais, e também para consumo humano. De modo a sanar essa problemática, foram desenvolvidos novos tratamentos de esgoto. Entre eles wetlands, filtros lentos, lagoas de estabilização, e outros. Tais sistemas tornam-se interessantes pela sua fácil implementação e custos baixos. Nesse estudo foi utilizado em parceria um sistema de tratamento por filtro lento desenvolvido na UNICAMP, em que possui um pré-filtro e dois filtros lentos com e sem carvão ativado. A pesquisa monitorou e analisou os parâmetros de pH e condutividade elétrica por 10 semanas, começando em 03 de janeiro de 2018 e finalizando em 05 de março de 2018. Os testes das amostras mostraram uma melhora na alcalinidade, com valores de 9,0 para o sistema sem carvão ativado e 8,5 para o sistema com carvão ativado.

**PALAVRAS CHAVES:** Saneamento. Contaminação. Reuso. Engenharia.

### SLOW FILTER PERFORMANCE AS TO IMPROVEMENT IN PH AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF DOMESTIC SEWAGE

**ABSTRACT:** With the increase of the industrial process and the urbanization, more and more water has been used for the industrial processes, as well as for human consumption. In order to remedy this problem, new sewage treatments were developed. Among them are wetlands, slow filters, stabilization ponds, and others. Such systems become interesting for their easy implementation and low costs. In this study, a slow filter treatment system developed in UNICAMP was used in partnership, in which it has a pre-filter and two slow filters with and without activated carbon. The research monitored and analyzed the parameters of pH and electrical conductivity for 10 weeks, beginning on January 3, 2018 and ending on March 5, 2018. Samples tests showed an improvement in alkalinity, with values of 9.0 for system with activated carbon and 8.5 for the system with activated carbon.

**KEYWORDS:** Sanitation. Contamination. Reuse. Engineering.

### 1 INTRODUÇÃO

Há alguns séculos mesmo sem possuir grandes conhecimentos, o ser humano já sabia diferenciar água esteticamente limpa, de outra que se apresentava turva, com sabor ou odor (Di BERNARDO 1989).

A filtração, como parte do tratamento de água para consumo humano, deve ter sido criada pelo homem como resultado da observação da limpidez da água subterrânea, a qual era atribuída à sua passagem pelos solos naturais, tendo-se notícia do emprego da filtração para clarificação desde o século XVI (Di BERNARDO, 1993).

A filtração é um processo que se faz necessário devido à água ser notoriamente veículo de transmissões de doenças infectocontagiosas como, por exemplo, o cólera e a febre tifoide, e a principal vítima dessas doenças é a população infantil (Di BERNARDO 1989).

Os primeiros sistemas de tratamento surgiram no século passado por intermédio de John Gibb em Paisley (Escócia) e por James Simpson em Londres (Inglaterra). Em Londres o processo se baseava principalmente na remoção de sólidos suspensos da água bruta. Em 1850 John Snow mostrou que cólera era transmitida pela água (ainda não era conhecida à bactéria patogênica transmissora) e a solução encontrada para evitar essa transmissão e a presença de outros sólidos indesejáveis seriam a filtração da água ou o abandono dos mananciais contaminados (PATERNIANI 2003).

A prova mais concreta da eficiência desse tipo de filtração foi comprovada com a experiência compartilhada por duas cidades vizinhas alemãs em 1892, Hamburgo e Altona ambas retiravam água para o seu abastecimento do rio Elba, o tratamento em Hamburgo consistia apenas de sedimentação simples, enquanto que em Altona havia filtros lentos de areia (Di BERNARDO 1989).

Com a contaminação do rio Elba, houve uma epidemia de cólera causando a morte de 7500 pessoas em Hamburgo, o mesmo não acontecendo em Altona. Epidemias subsequentes em várias partes do mundo confirmaram a importância da filtração antes do consumo da água (Di BERNARDO, 1993).

Segundo Di Bernardo (1993), atualmente a filtração lenta vem despertando a atenção dos profissionais ligados à área pelo fato de ser um sistema de simples construção, manutenção e operação, bem como de altíssima eficiência principalmente na remoção de microrganismos e apropriado a pequenas propriedades rurais, pelo baixo custo de implantação.

Pesquisas vêm sendo realizadas no país e no mundo que atestam a viabilidade do emprego de mantas sintéticas não tecidas em combinação com areia, pois apresentam resultados satisfatórios por facilitar a operação de limpeza, aumentando a duração da carreira de filtração. É interessante notar que em pesquisas recentes feitas por membros desta instituição (STACCIARINI; MANSOR; ROSTON e PATERNIANI) na região de Campinas confirmou-se a necessidade inerente de se investir maciçamente não só em

tratamento de água em comunidades rurais, mas também em saneamento básico de uma forma geral (MELO JÚNIOR, 2005).

O intuito científico para essa pesquisa foi avaliar o processo de eficiência dos parâmetros de potabilidade de potencial Hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica para um sistema de filtro lento de areia, instalado no campus da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

## 2 FILTROS LENTOS

### 2.1 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO EM FILTROS LENTOS

No início de cada período de filtração, o filtro é cheio com água limpa através do sistema de drenagem, de modo a expulsar as bolhas de ar contidas nos poros do leito, garantindo uma completa superfície de contato dos grãos com a água, que é introduzida até cobrir o leito filtrante, a uma altura de 0,10 metros, quando passa ser admitida a entrada de água bruta, de modo que não haja turbulência (PATERNIANI 2003).

Ao ser alcançado o nível de projeto, a válvula de entrada do afluente é aberta passando filtro a funcionar com uma taxa de filtração que deve ser compreendida entre os valores de 2 e 5  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , durante o período de maturação, com descarte de efluente. As partículas quando aderidas aos grãos de areia em um leito filtrante, através dos mecanismos já descritos formasse-a uma estrutura bastante sólida (Di BERNARDO, 1989).

A areia que deve ser utilizada nos filtros lentos deve ser limpa das impurezas através da lavagem com água comum. Mesmo depois de várias carreiras de filtração o início da operação do sistema se caracteriza pela produção de efluente com qualidade insatisfatória por um período que pode chegar a semanas até que a camada de “amadurecimento” (*schmutzdecke*) esteja completamente desenvolvida (MELO JÚNIOR, 2005).

Outro fator de operacionalidade que deve ser considerado é a opção de cobertura dos referidos filtros a fim de que se evite a ação da luz solar na produção excessiva de algas na parte superior dos filtros (Di Bernardo 1989).

A areia retirada durante a limpeza é lavada logo após a raspagem, evitando condições anaeróbias, devido ao consumo de oxigênio pelos microrganismos, produzindo substâncias causadoras de gosto e odor, que são de Difícil remoção (Di BERNARDO, 1989).

### 2.2 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA FILTRAÇÃO LENTA

As limitações básicas e restrições que se podem impor ao uso da filtração lenta, tais como a Disponibilidade e valor da terra, custo de matéria-prima e mão-de-obra,

temperaturas muito baixas (a ponto de congelar a água), variações bruscas na qualidade do afluente e presença de resíduos industriais tóxicos são mais particularmente aplicáveis a países com uma industrialização mais avançada, e de latitudes setentrionais (HUISMAN e WOOD, 1974) e não são aplicáveis ao Brasil.

### 2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

O tamanho e a Distribuição de tamanhos das partículas presentes no afluente e efluente de filtros lentos é um parâmetro relativamente novo que passou a ser utilizado, principalmente, para estimar a remoção de cistos de *Giardia lamblia* e ovos de helmintos. Embora o conhecimento do número de partículas e a Distribuição de seus tamanhos forneçam informações adicionais sobre o desempenho dos filtros lentos, pois a turbidez pode variar consideravelmente para um mesmo número total de partículas e vice-versa. Também, para cada água, parece existir uma relação entre turbidez e teor de sólidos suspensos, a qual também deve ser considerada (TATE 1990).

Segundo Di Bernardo (1993), a turbidez das águas é devida à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros microrganismos microscópicos. Sua determinação é feita em turbidímetro calibrado com soluções de formazina.

A turbidez da água bruta em geral varia de 7 a 12 UT (Unidade de Turbidez), apesar da recomendação máxima de 10 UT. Em geral, quanto menor a turbidez da água filtrada menor o número de coliformes, há indicações de que, quanto menor a turbidez, maior a eficiência de remoção de agentes virais (PROSAB 1999).

### 2.4 ATIVIDADE BIOLÓGICA NO INTERIOR DE FILTRO LENTO

A atividade biológica é considerada a ação mais importante que ocorre na filtração lenta, sendo mais pronunciada no topo do meio filtrante, onde há a formação do biofilme (camada gelatinosa), constituída, fundamentalmente, de matéria orgânica e de uma grande variedade de microrganismos, como bactérias, algas, protozoários e metazoários. Além disso, quando há a presença de ferro e manganês em estado solúvel na água bruta, pode ocorrer à formação dos precipitados desses metais, que acabam participando, também, da formação dessa camada (Di BERNARDO, 1991).

A atividade biológica apresenta processos de purificação interdependentes, que são geralmente descritos em combinação uns com outros. Os mais importantes são a oxidação química e oxidação microbiológica, além de processos biológicos que envolvem formas de vida animal e vegetal (Di BERNARDO, 1991).

A matéria orgânica que é depositada no filtro é utilizada como alimento pelos microrganismos formando um verdadeiro ecossistema que foi desenvolvido com o amadurecimento da carreira de filtração. Através da oxidação microbiana, parte desse alimento proporciona material celular para o seu próprio crescimento e parte é utilizada como energia para o seu metabolismo, permitindo que a matéria orgânica morta seja convertida em organismos vivos (PROSAB 1999).

Quando esses organismos morrem, os produtos de sua decomposição são utilizados por outros organismos situados pouco abaixo no leito filtrante. Assim, toda a matéria orgânica biodegradável presente na água bruta é gradualmente convertida em água, gás carbônico e sais inorgânicos, tais como sulfatos, nitratos e fosfatos (MELO JUNIOR 2005).

Para que ocorra uma boa oxidação da matéria orgânica, são necessárias duas condições básicas: suficiente tempo de detenção na camada filtrante e oxigênio Dissolvido (OD) para manter o meio aeróbio. A primeira condição é obtida através das taxas de filtração relativamente baixas, com as quais são projetados os filtros lentos. Se o OD da água filtrada cair abaixo de  $3 \text{ mg.L}^{-1}$ , é possível ocorrerem condições anaeróbias no meio filtrante (HESPANHOL 1987).

Assim, pode ocorrer a formação de gás sulfídrico, amônia, substâncias odoríferas, ferro e manganês dissolvidos, tornando a água imprópria para consumo humano e para diversos outros usos. Seria necessário, então, proceder-se a aeração prévia para aumentar a concentração de OD, ou ao pré-tratamento para reduzir a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água bruta (HESPANHOL, 1987).

O meio filtrante não apresenta condições favoráveis para proliferação de microrganismos existentes como as bactérias do tipo *Escherichia coli* na água bruta. A sua multiplicação não se efetua em temperaturas inferiores a  $30^\circ\text{C}$ , além de não se dispor de matéria orgânica de origem animal suficiente para as suas necessidades metabólicas. Outro fator determinante para a sustentação desse tipo de bactéria ser ainda mais desfavorável é a predação existente por parte dos protozoários que estão na parte superior do leito filtrante (Di BERNARDO 1993).

O conjunto de condições extremamente desfavoráveis explica a elevadíssima redução de coliformes e de organismos patogênicos possibilitada pelos filtros lentos de areia (HESPANHOL, 1987).

Podemos citar agora alguns indicadores que sinalizam a possibilidade da não qualidade da água em termos biológicos, um desses indicadores é os coliformes que podem ser definidos como organismos não necessariamente patogênicos, mas

que podem indicar a presença desses organismos patogênicos, são provenientes de contaminação fecal e se encontrados acima do limite de tolerância, causam problemas à saúde da população, podem ser classificados como organismos aeróbios e anaeróbios, sendo sua origem os despejos domésticos (urbano e rural) (PATERNIANI 1991).

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

O monitoramento da pesquisa que contou com coletas semanais de amostras de entrada (afluente) e saída (efluente) do sistema de filtro lento com areia foi iniciado no Dia 03/01/18 e finalizado no Dia 05/03/18.

As amostras foram coletadas em garrafas PET de capacidade 250 ml e congeladas a -5°C para posterior estudo em laboratório.

O sistema de filtro lento é composto de três câmaras, o que resultou em 30 amostras para análise dos parâmetros físicos pH e condutividade elétrica.

#### 3.2 SISTEMA DE FILTRO LENTO

O sistema de filtração lenta utilizado na pesquisa possui três câmaras, sendo elas constituídas por: Pré-filtro, Filtro de areia, e Filtro de areia com carvão ativado.

A figura 1 apresenta uma visão geral do mecanismo de tratamento de esgoto da Instituição FEAGRI/UNICAMP baseado na filtração lenta.

Figura 1 – Sistema de Filtração lenta da FEAGRI/UNICAMP.



Conforme a figura 1 detalha o sistema possui 1 câmara para pré-filtração denominada câmara de entrada e duas câmaras subsequentes de tratamento denominadas de câmaras com e sem carvão ativado.

O sistema hidráulico montado com tubos de PVC de  $\frac{3}{4}$  de polegadas foi desenvolvido com torneiras para retiradas de amostras para avaliação dos parâmetros de potabilidade.

Para o presente estudo se limitou a análise do potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica.

Os padrões de pH e condutividade elétrica são importantes pois o primeiro permite avaliar o grau de acidez ou alcalinidade da água dependendo de seu pH. Para potabilidade o valor deve ficar entre 6,90 a 8,00 na escala logarítmica de pH (PROSAB 1999).

O pH, em flutuações não muito afastadas do valor neutro, não oferece muito risco a saúde humana, mas interfere nas etapas de tratamento da água. Valores baixos favorecem corrosões e valores altos podem provocar incrustações. Alterações mais severas com relação ao pH neutro podem causar sério risco à vida aquática. Para valores de pH mais baixos, uma menor concentração de amônia é necessária para ser tóxica aos peixes. Para valores de pH mais altos a presença de metais na água é maior, pois eles se tornam mais solúveis (PROSAB 1999).

Já a condutividade elétrica é o parâmetro representado por  $\sigma$  que é a medida da facilidade com a qual a água permite a passagem de corrente elétrica, sendo medida em  $S.m^{-1}$  (Siemens por metro), é o inverso da resistividade elétrica, medida em  $\Omega m$  (ohms metro). A medição da condutividade é uma maneira indireta e simples de inferir a presença de íons provenientes de substâncias polares, geralmente sais inorgânicos, dissolvidos na água, como cloretos, sulfetos, carbonatos, fosfatos. A presença dessas substâncias aumenta a condutividade da água, pois os mesmos são eletrólitos, ou seja, se dissolvem em íons na água e contribuem para a condução de eletricidade. Por outro lado, a presença de substâncias apolares, que não se ionizam, como álcool, óleo e açúcar acarreta na Diminuição da condutividade elétrica (ANA, 2005).

A partir da medida de condutividade elétrica pode-se estimar a salinidade da água, definida como a quantidade total de sais Dissolvidos na água. Os sais se dissolvem dando origem a íons de carga oposta e, portanto contribuem para a condutividade elétrica da solução (MELO JÚNIOR, 2005).

### 3.3 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICO DO FILTRO LENTO

Cada câmara do sistema de filtro lento tem uma altura útil de 1,20 metros e 60 centímetros de Diâmetro (vide figura 1).

Com as Dimensões apresentadas anteriormente, utilizando a geometria espacial tem-se que o volume de cada reservatório vale 0,34 m<sup>3</sup>. Para tanto, utiliza-se a equação 1.

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h \quad \text{Equação 1}$$

Onde: **D** – Diâmetro de base **h** – Altura Útil.

É importante o cálculo do volume do reservatório para o cálculo do tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ).

Segundo Porto (1999), o tempo de detenção hidráulico representa o potencial de agilidade na estabilização dos compostos orgânicos presentes no esgoto ao se realizar o tratamento residual.

O sistema utilizado possui uma vazão regulada em 5.10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, sendo ainda que o sistema é alimentado por escoamento gravitacional, sem necessidade de sistema de bombeamento hidráulico, da caixa de Distribuição de esgoto localizada a 50 metros à montante do filtro lento. Vale ressaltar que existe um sistema adicional constituído por wetlands que também realiza tratamento de esgoto (contudo, não é foco na presente pesquisa) (PATERNIANI 1993).

Conhecendo-se a vazão de controle e o volume dos reservatórios foi possível determinar o tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) intercâmara através da equação 2 de Porto (1999).

$$\theta_h = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

**V** – Volume de reservatório, **Q** – Vazão volumétrica de controle.

Com base nos cálculos levantados pelas equações 1 e 2 foi possível encontrar o valor do tempo de detenção hidráulico em 7,87.10<sup>-2</sup> d. Com o auxílio da conversão de unidades para uma informação mais clara, determinou-se pela análise dimensional dos resultados que o tempo de detenção hidráulico foi de aproximadamente 2 horas.

Tal informação é importante, pois revela o grau de eficiência do sistema, uma vez que significa que o esgoto no interior das câmaras leva cerca de 2 horas para realizar a estabilização local.

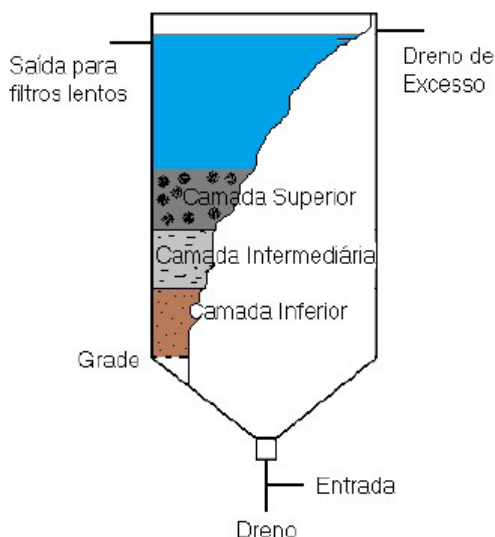


### 3.4 VISÃO INTERNA DO PRÉ-FILTRO

O sistema possui uma câmara inicial que todo esgoto afluyente fornecido passa por ela. Essa câmara funciona como um pré-filtro para o tratamento inicial do esgoto doméstico do campus.

A figura 2 apresenta um corte do pré-filtro para visualização das Divisões internas do pré-filtro em camadas.

Figura 2: Corte do pré-filtro. (MELO JÚNIOR 2005).



O pré-filtro conforme a figura 2 apresentada funciona com divisões de camadas em que para cada camada, tem-se um material suporte de granulometria distinta (MELO JÚNIOR 2005).

A tabela 1 apresenta a constituição do pré-filtro com as Dimensões do material suporte e a espessura aproximada de cada camada.

Tabela 1 – Variabilidade de camadas versus espessura do pré-filtro.

	Material Suporte (mm)	Espessura (cm)
<b>Camada superior</b>	3,2 a 6,4	25 cm
<b>Camada intermeDiária</b>	6,4 a 19,0	25 cm
<b>Camada Inferior</b>	19,0 a 31,0	25 cm

A figura 3, a seguir, apresenta uma visão de destaque do pré-filtro com sua válvula de remoção de amostras.

Figura 3: Visão do pré-filtro.



### 3.5 VISÃO INTERNA DOS FILTROS

Os filtros subsequentes ao pré-filtro foram desenvolvidos adotando recomendações de FERRAZ e PATERNIANI (2002), sendo elas descritas na tabela 2, abaixo.

Tabela 2 – Variabilidade de camadas versus espessura do pré-filtro.

	<b>Material Suporte</b>	<b>Espessura (cm)</b>
<b>Camada superior</b>	AREIA (0,05 mm)	40
<b>Camada intermeDiária</b>	BRITA 1 (5,0 mm)	20
<b>Camada Inferior</b>	BRITA 2 (31,5 mm)	20

Em um dos filtros existe ainda uma camada adicional de 10 cm com carvão ativado de granulometria 8,5 mm.

Após os filtros o efluente obtido é utilizado como água de reuso para descarga de vasos sanitários e para utilização em processos de ferti-irrigação de culturas não forrageiras.

### 3.6 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Para as análises dos parâmetros de pH e condutividade elétrica foram utilizados dois equipamentos básicos de análise Direta.

### 3.7 LEITURA DE PH

A leitura de pH das amostras coletadas nos leitos é feita de forma Direta (sem utilizar processos químicos de preparação), medindo-se as amostras na temperatura ambiente (25°C) com o uso do MB-10 MARTE (figura 4).

Figura 4: Aparelho MB-10 MARTE para leituras Diretas de pH.



Para tanto, antes da leitura das amostras calibra-se o aparelho usando-se duas soluções denominadas de solução tampão, uma com pH 7,0 e outra de pH 4,0.

### 3.8 LEITURA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A leitura de condutividade elétrica é feita de forma Direta como a de pH, usa-se para tanto a sonda modelo HD NC 06 ONDA (figura 5) que efetua as medidas das amostras de água residuária em  $\mu\text{S}$ .

Figura 5: Aparelho HD NC 06 ONDA de leitura Direta da condutividade elétrica para as amostras de água residuária.



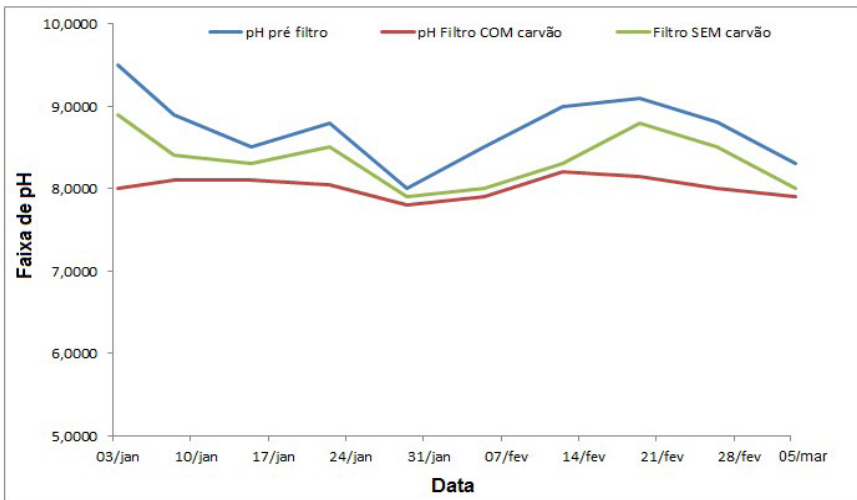
## 4 RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DE PH

Os dados levantados durante as 10 semanas de estudo, mostraram que o pH afluente (entrada) do pré-filtro apresentou uma faixa de 9,5. Tal valor refletiu a alcalinidade da água afluente.

O efluente ao passar pelos filtros subsequentes do sistema com e sem carvão ativado revelaram um valor flutuante ainda alcalino, contudo com uma ligeira redução. Sendo de 9,0 para o filtro sem carvão ativado e de 8,0 para o filtro com a camada adicional de carvão ativado interna em seu filtro (figura 6).

Figura 6: Variação no pH do pré-filtro e filtros lentos com e sem adição de carvão ativado.



A melhora na eficiência do padrão de alcalinidade mostrou-se benéfica, uma vez que mesmo sem a adoção de uma camada de carvão ativado e apenas as camadas normais para filtros lentos de areia, o padrão teve uma melhora considerável, conforme se observa na tabela 3 configurada a partir dos dados levantados na figura 6.

Tabela 3 – Percentual de redução da alcalinidade da água residuária.

DATA	Eficiência COM carvão	Eficiência SEM carvão
03/01/18	15,79%	6,32%
08/01/18	8,99%	5,62%
15/01/18	4,71%	2,35%
22/01/18	8,52%	3,41%
29/01/18	2,50%	1,25%
05/02/18	7,06%	5,88%
12/02/18	8,89%	7,78%

DATA	Eficiência COM carvão	Eficiência SEM carvão
19/02/18	10,44%	3,30%
26/02/18	9,19%	3,52%
05/03/18	4,82%	3,61%
<b>MÉDIA</b>	<b>10,30%</b>	<b>4,97%</b>

Pelos padrões alcançados pode-se avaliar que para o filtro lento com camada adicional de carvão ativado a eficiência média de abaixamento da alcalinidade chegou em 10,30%, enquanto que para o filtro sem a camada de carvão ativado o padrão de Diminuição da alcalinidade ficou em 4,97%.

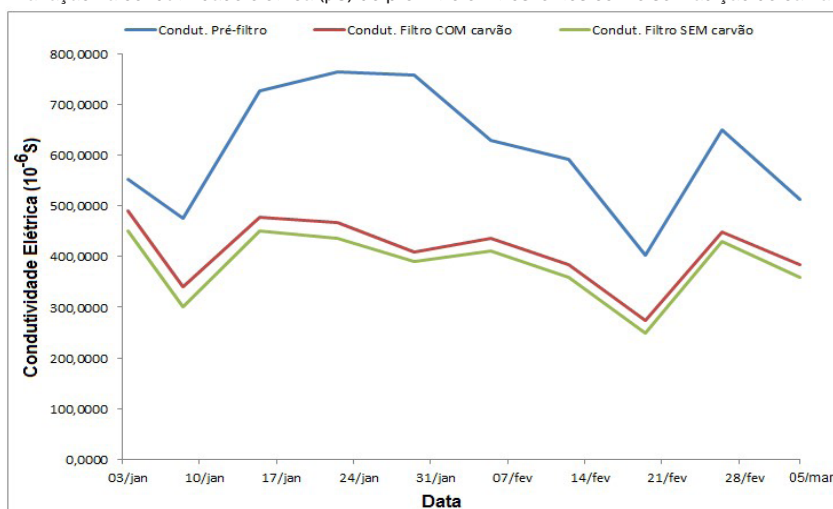
## 4.2 ANÁLISE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

O padrão de condutividade elétrica das águas residuárias antes e após a passagem pelo sistema de filtração lenta demonstrou um aumento na condutividade no sistema com carvão ativado em comparação com o filtro sem carvão ativado. Contudo, ambos apresentaram perda desse padrão em relação à condutividade de entrada no pré-filtro (figura 7).

Tal queda do padrão de condutividade elétrica refletiu o sistema interno das câmaras do pré-filtro e filtros adicionais que pelos processos químicos entre o meio suporte e a água residuária, ocorreu uma queda eletrolítica.

Como forma adicional, caso não houvesse o sistema anterior de wetlands, pode-se supor que o padrão da condutividade elétrica que chegaria seria inferior, mas nesse caso fica no plano das hipóteses.

Figura 7: Variação na condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ) do pré-filtro e filtros lentos com e sem adição de carvão ativado.



## 5 CONCLUSÃO

O projeto pesquisado foi de grande importância, pois mostrou uma relação bem interessante no padrão de alcalinidade que se obtêm com a adoção de filtros lentos para tratamento, uma vez que o padrão chegou a níveis próximos da neutralidade inclusive para alguns Dias pesquisados.

Com relação à condutividade elétrica ocorreram quedas na relação eletrolítica das águas residuárias, contudo ainda assim, o padrão foi aceitável para uma água de reuso.

Pesquisas como as empregadas nesse estudo com colaboração científica por parte de uma Instituição de Pesquisa de referência no país traz grande apoio ao corpo Discente, já que coloca o estudante em aprendizado prático com um assunto importante da engenharia sanitária.

O estudo seria ainda mais relevante se fosse empregado para um período maior de análises e testes Diários, e não semanais. Assim, apresentando como uma sugestão para pesquisas futuras com o sistema de filtração lenta.

## BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO NETO, ROSSIN, MANFRINI. **Tratamento de água**. 2ª Edição. CETESB, São Paulo, 1977.

Agência Nacional de Águas. Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade da Água – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/inDicaDores-inDice-aguas.aspx> Acesso em: 02 fev. 2018.

CONAMA N° 357. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e Diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

Di BERNARDO, L. **Filtração lenta e pré-filtração de águas de abastecimento**. Apostila, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1989.

Di BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Vol. 2 Rio de Janeiro: ABES, 1993.

HESPANHOL, I. Filtração lenta. **In:** Técnicas de abastecimento e tratamento de água, vol. 2. 3ª ed. São Paulo, CETESB, 1987.

HUISMAN, L & WOOD, W.E. **Slow sand filtration**. Geneva, World Health Organization, 1974.

MBWETTE, T.S.A. e GRAHAM, N.J.D. Improving the efficiency of slow sand filtration and separation with non-woven synthetic fabrics. **In:** Filtration and separation, vol. 24.1987.

MELO JÚNIOR, A. S. **Projeto de Filtro Lento**. Apostila. UNICAMP. 2005.

PATERNIANI, J.E.S. **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento**. Tese de doutoramento, EESC - USP, 1991.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro, ABES, 1999. 114p.

SPERLING, M.V., **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, DESA/UFMG, Belo Horizonte, vol.1, 243p, 1996.

TATE, C.H. et al. Health and aesthetic of water quality. **In:** Water quality treatment, 4<sup>th</sup> ed., AWWA, McGraw-Hill Book Co. 1990.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR** - GRADUADO em Engenharia agrícola e civil pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP; com PÓS-DOUTORADO no estudo de sinterização e obtenção de compósitos de terras raras em células à combustível pelo Centro de Ciências de Tecnologia de Materiais (CCTM) e PÓS-DOUTORADO no estudo da poluição atmosférica e a contribuição dos gases de efeito estufa (GEE) no impacto ambiental pelo Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) ambos realizados no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Universidade de São Paulo - USP. MESTRE em Engenharia de Recursos Hídricos - Água e Solos no estudo da relação e interferência dos parâmetros ecofisiológicos de macrófitas na depuração de esgoto doméstico na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP. DOUTOR em Engenharia de Recursos Hídricos e Energéticos estudando a relação e presença de metais pesados dispersos na atmosfera através da coleta de material particulado PM10 e análise pelas técnicas de reflexão total por raios X e microfluorescência com uso de radiação síncrotron aplicadas às análises pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. Possui mais de 45 artigos publicados com temática no uso da engenharia e tecnológicas de ponta e alternativas para estudo dos processos de tratamentos de resíduos líquidos, gasosos e sólidos. Autor de 5 livros técnicos e de 2 capítulos de livros na área de engenharia civil e sanitária. Membro da Associação de Engenheiros da SABESP (Companhia de Saneamento Básico de São Paulo) atuou como avaliador e examinador na IBFCRL para concursos públicos na área de engenharia civil e agronomia, além de participar em bancas de mestrado e de concursos na UNICAMP e no IFSP. Adepto do ensino continuado realizou mais de 102 cursos de aperfeiçoamento no ensino superior pela Universidade Federal do Ceará, pela Universidade Estadual do Maranhão e outras IES. Possui mais de 10 anos no ensino superior na Universidade Paulista (UNIP); Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU); Universidade Braz Cubas e FATEC-SP. Sendo professor nos cursos de Engenharia: Civil; Sanitária e Ambiental; Elétrica; Mecânica; além dos cursos de tecnologia de edifícios; gestão ambiental e arquitetura e urbanismo. Foi coordenador geral do curso de engenharia civil na FMU durante a gestão de 2015-2016. Tem como linha de pesquisa o estudo contínuo de novas tecnologias de tratamento de resíduos sólidos e líquidos para depuração e conservação do meio ambiente, atuando como pesquisador colaborador na USP e UNICAMP.

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Avaliação ambiental 1, 2, 3, 8, 11, 12, 13

### C

Contaminação 21, 22, 26, 51

### D

Descarbonização 36, 37

### E

Ecologia 50, 91, 94

EDAR 78, 81, 84, 86, 87, 88, 89

Engenharia 14, 21, 23, 34, 36, 50, 64, 93, 98, 108

Envolvimento dos cidadãos 15

Escassez de água 36, 53

Esgoto 21, 26, 28, 29, 52, 53, 54, 55, 59, 60, 63, 64, 91, 92, 93, 95, 98, 100, 107

Estado químico 6, 78, 79, 83

Estado y potencial ecológico 78

Experimental study 65

### G

Gestão 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

### M

Meio ambiente 50, 51, 52, 63, 91, 108

### N

Natureza em Zonas Urbanas 36

Normas de calidad ambiental 78, 80, 81, 83, 84, 86, 89

### P

Pegada Hídrica 14, 15, 16, 17, 18, 19

Planeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Poupança de Água 15, 17, 19

## R

Recursos hídricos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 20, 50, 51, 91

Redutores de Caudal 14, 15, 19

Reuso 21, 30, 34, 53, 54, 63, 91, 94, 107

## S

Saneamento 15, 21, 23, 35, 50, 51, 52, 58, 64, 92

## T

Tejo 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13

Tratamento 17, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 107, 108

Turbulent flow 65, 66, 68, 70, 73, 76, 77

## V

Vegetated corridor 65, 66, 71

Vertido 78, 85, 86, 87, 88, 89